

## Přírodní radioaktivita

Náš celý svět, naše Země, je přirozeně radioaktivní, a to po celou dobu od svého vzniku. V přírodě můžeme najít několik tisíc radionuklidů, tj. prvků, které se samovolně rozpadají a jsou přitom zdrojem radioaktivního záření.

Radionuklidy jsou přítomné ve vzduchu, vodě, v půdě, skalách, horách, stavebních materiálech našich domů, v potravinách, v nás samotných apod. Přírodní radioaktivita je jednou z vlastností hmoty, z níž je vytvořena naše planeta. Některé radionuklidy jsou zde od vzniku Sluneční soustavy, vyvrhla je do svého okolí supernova před miliardami let. Další radionuklidy jsou členy rozpadových řad těchto prapůvodních radionuklidů a další vznikají interakcí kosmického záření s atmosférou. V posledním století se člověk naučil připravovat radioizotopy i uměle.

Radionuklidy obsahuje každé lidské tělo, každý biologický organismus. Každý den je také nadechujeme se vzduchem do plic a vydechujeme, přijímáme je do našeho těla jako součást potravy a nápojů. Na této planetě neexistuje nikdo, v němž by přírodní radionuklidy nebyly přítomné. Každý člověk má ve svém těle asi 30 mg draslíku  $^{40}\text{K}$  a asi 10 nanogramů uhlíku  $^{14}\text{C}$ . Draslík je v těle 10krát silnějším zdrojem radioaktivních beta částic než uhlík.

Podstatný podíl na přírodní radioaktivitě životního prostředí má plyn radon. Ten se uvolňuje ze zemské kůry a neustále se přeměňuje na další radioaktivní atomy, které se mohou přilepit na prachové a jiné částice ve vzduchu. Radon má poločas rozpadu pouhé čtyři dny, je zářičem alfa, ale produktem jeho přeměny jsou další radionuklidy, které po vdechnutí do plic, mohou zevnitř ozářit nechráněnou plicní tkáň. Dávky z přírodního pozadí jsou v ČR v ročním průměru 3,2 mSv, v lokalitách s bohatým výskytem radonu se až na 10 mSv ročně.

Úroveň radiace v životním prostředí je na Zemi rozdílná. Vyšší je, samozřejmě, ve vysokých horách, kde je vyšší podíl kosmického záření, vyšší je v oblastech s horninami bohatými na uran a thorium. Existují místa s podstatně vyšší úrovní, než je celosvětový průměr. Takovými oblastmi jsou například Ramsar v Iránu, Guarapari v Brazílii, Kérala v Indii, Flinders Ranges v severní Austrálii.

V iránském Ramsaru lidé dostávají každý rok dávkový ekvivalent zhruba 260 mSv. Ramsar má tedy asi 200krát silnější radioaktivní pozadí než je obvyklé jinde ve světě. Jsou tu totiž prameny s horkou minerální vodou vyvěrající z travertinových hornin, která obsahuje radium ( $^{226}\text{Ra}$ ) a menší množství uranu a thoria. Oblast je hojně využívána jako lázeňská místními lidmi i turisty, kteří oceňují léčivé vlastnosti této vody. Podrobným zkoumáním zdravotního stavu obyvatel se zjistilo, že vysoká radioaktivita, které jsou celý život vystaveni, nemá žádné negativní zdravotní účinky a nevede ke kratší době života.

Toto zjištění je v příkrém rozporu s dosavadními modely, podle kterých se posuzuje škodlivost radioaktivního záření. Ukazuje se, že určitá úroveň radiace je pro zdraví naopak příznivá. Podle některých teorií je malá úroveň některého vlivu na zdraví člověka dokonce nezbytná pro vytvoření imunity v případech, že se úroveň těchto vlivů později značně zvýší.

Jiným zdrojem radionuklidů ve vzduchu je bombardování atomů ve vyšších vrstvách atmosféry kosmickými paprsky s vysokou energií. Je velmi silné zhruba ve výši 10 km nad povrchem Země. Vytváří tak zátěž pro posádky dopravních letadel a pro cestující, kteří často létají na dlouhých trasách, například mezi kontinenty. Účastník těchto letů dostává v ročním průměru dávku 2,2 mSv.

Menší podíl na radioaktivním pozadí životního prostředí mají zdroje vytvořené člověkem. Jedním z velkých umělých zdrojů radiace je spalování uhlí v tepelných elektrárnách. Během spalování uhlí se uvolňují příměsi uranu a thoria a spolu s radiem, radonem a poloniem přecházejí do atmosféry.

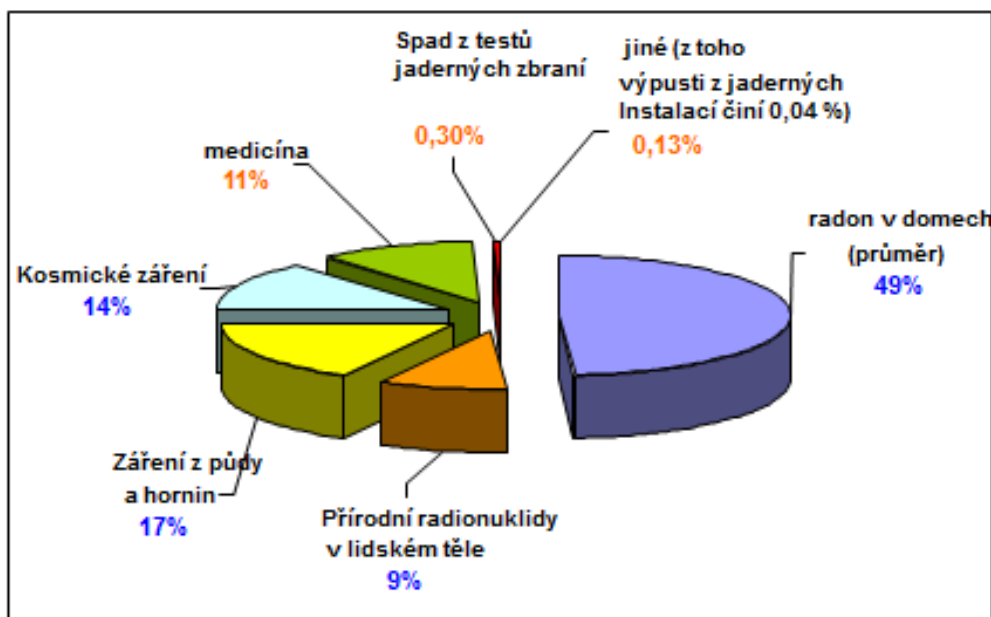
Radioaktivní je také popílek z tepelných elektráren spalujících uhlí. Průměrný dodatečný dávkový ekvivalent z provozu tepelných elektráren u člověka žijícího 80 km daleko je 0,3  $\mu$ Sv za rok.

U jaderných elektráren je v této vzdálenosti tato úroveň nižší, orientačně jen 0,09  $\mu$ Sv za rok. Autorizovaný limit pro ozáření z výpustí jaderných elektráren v ČR, tedy v jejich těsné blízkosti, je 46  $\mu$ Sv pro Jadernou elektrárnu Temelín a 43  $\mu$ Sv pro Jadernou elektrárnu Dukovany. Limit pro přípustné dodatečné ozáření jednotlivce z řad veřejnosti je 1 mSv ročně (1 mSv = 1000  $\mu$ Sv), limit pro profesionály pracující se zářením je 50 mSv ročně, a 100 mSv za pět let.

Zkoušky jaderných zbraní v atmosféře byly zakázány již v roce 1963. Úroveň zbytků radiace z těchto zkoušek neustále klesá. V roce 2000 klesla na dávku 0,005 mSv ročně.

Obvyklé rentgenové snímkování znamená dávku 0,02 mSv, ale může být až desetkrát vyšší, podle složitosti postupu snímkování a úrovně použité techniky. Například zubní rentgen zatíží pacienta dávkou jen 0,0033 mSv, ale starší typy ještě používaných rentgenů používají dávky až 0,11 mSv. Snímkování plic přináší zatížení průměrně 0,06 mSv, při skenování na CT tomografu jde o dávku 20 mSv. Průměrný obyvatel zemí Evropy a Severní Ameriky dostane z lékařské techniky ročně dávku v průměru 0,5 mSv, v ostatních zemích asi pětinu.

## Rozdělení zdrojů ozáření pro průměrného obyvatele světa



### Prapůvodní (primordiální) radionuklidy

nuklid	symbol	poločas	Přírodní aktivita
Uran 235	<sup>235</sup> U	7,04 x 10 <sup>8</sup> let	0,72 % ze všeho přírodního uranu
Uran 238	<sup>238</sup> U	4,47 x 10 <sup>9</sup> let	99,3 % ze všeho přírodního uranu, v běžné hornině 0,5 až 4,7 ppm
Thorium 232	<sup>232</sup> Th	1,41 x 10 <sup>10</sup> let	1,6 až 20 ppm v běžné hornině, průměrně v zemské kůře 10,7 ppm
Radium 226	<sup>226</sup> Ra	1,6 x 10 <sup>3</sup> let	16 Bq/kg ve vápenci a 48 Bq/kg ve vyvěřelých horninách
Radon 222	<sup>222</sup> Rn	3,82 dne	Průměrná koncentrace ve vzduchu v USA 0,6 až 28 Bq/m <sup>3</sup>
Draslík 40	<sup>40</sup> K	1,28 x 10 <sup>9</sup> let	0,037 až 1,1 Bq/g v půdě

Zdroj: FJFI

### Kosmogenní radionuklidy (vzniklé působením kosmického záření)

nuklid	symbol	poločas	zdroj	Přírodní aktivita
Uhlík 14	<sup>14</sup> C	5730 let	Interakce kosmického záření s atomy dusíku	0.22 Bq/g v organických materiálech
Tritium	<sup>3</sup> H	12.3 let	Interakce kosmického záření s atomy dusíku, kyslíku a lithia	1.2 x 10 <sup>-3</sup> Bq/kg
Beryllium 7	<sup>7</sup> Be	53.28 dní	Interakce kosmického záření s atomy dusíku a kyslíku	0.01 Bq/kg

Podíl kosmogenních radionuklidů na dávce je zanedbatelný (celosvětový průměr - odhad 0,01 mSv/rok).

Zdroj: FJFI

## Radioaktivita některých materiálů

1 dospělý člověk (100 Bq/kg)	7000 Bq
1 kg kávy	1000 Bq
1 kg superfosfátového hnojiva	5000 Bq
Vzduch v průměrném domě (100 m <sup>2</sup> ) v Austrálii (radon)	3000 Bq
Vzduch v průměrném domě (100 m <sup>2</sup> ) v Evropě (radon)	až 30 000 Bq
1 domácí požární detektor kouře (obsahuje americium)	30 000 Bq
Radioisotopový zářič pro lékařskou diagnostiku (příklad)	70 milionů Bq
Radioisotopový zářič pro lékařskou terapii (příklad)	100 000 000 milionů Bq (100 TBq)
1 kg vitrifikovaných vysokoaktivních odpadů po 50 letech	10 000 000 milionů Bq (10 TBq)
1 luminiscenční světelné znamení „Exit“ (obsahuje tritium)	1 000 000 milionů Bq (1 TBq)
1 kg uranu	25 milionů Bq
1 kg uranové rudy (naleziště Kanada, 15 %)	25 milionů Bq
1 kg uranové rudy (naleziště Austrálie, 0.3 %)	500 000 Bq
1 kg nízkoaktivních jaderných odpadů (příklad)	1 milionů Bq
1 kg uhelného popílku	2000 Bq
1 kg granitu (žuly)	1000 Bq

Zdroj: WNA

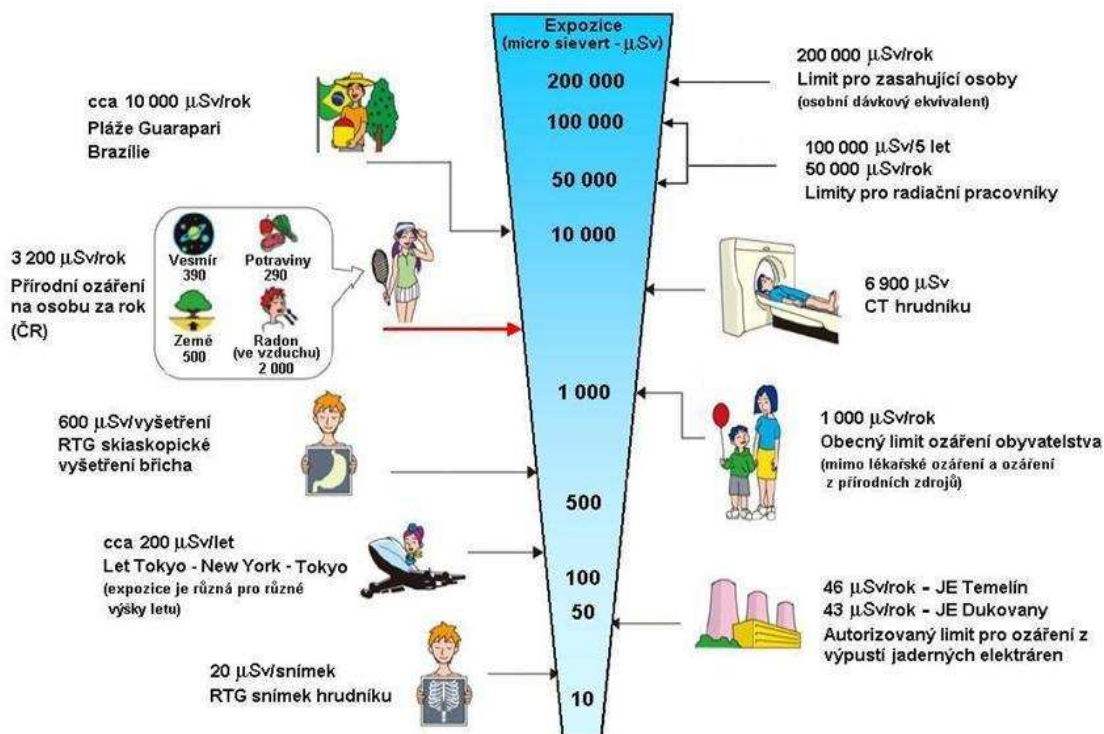
## Radionuklidy produkované lidmi

nuklid	symbol	poločas	zdroj
<b>Tritium</b>	<sup>3</sup> H	12.3 let	Testy jaderných zbraní, vypusti z jaderných zařízení a průmyslových podniků
<b>Iod 131</b>	<sup>131</sup> I	8.04 dní	Testy jaderných zbraní, vypusti z jaderných zařízení, používá se v medicíně
<b>Iod 129</b>	<sup>129</sup> I	1.57 x 10 <sup>7</sup> let	Testy jaderných zbraní, vypusti z jaderných zařízení
<b>Cesium 137</b>	<sup>137</sup> Cs	30.17 let	Testy jaderných zbraní, vypusti z jaderných zařízení
<b>Strontium 90</b>	<sup>90</sup> Sr	28.78 let	Testy jaderných zbraní, vypusti z jaderných zařízení
<b>Technetium 99</b>	<sup>99</sup> Tc	2.11 x 10 <sup>5</sup> let	Používá se v medicíně
<b>Plutonium 239</b>	<sup>239</sup> Pu	2.41 x 10 <sup>4</sup> let	Vzniká z <sup>238</sup> U působením neutronů ( <sup>238</sup> U + n → <sup>239</sup> U → <sup>239</sup> Np + β → <sup>239</sup> Pu + β)

Zdroj: JFI

Příklady limitů a obvyklých expozic radioaktivního záření

Jednotky:  $\mu\text{Sv}$



Průměrný dávkový příkon z přírodního pozadí v ČR:  $0,14 \mu\text{Sv/h} = 1226,4 \mu\text{Sv/rok}$

Zdroj: SUJB

Relativní podíl ozáření průměrného občana ČR v r. 1986 po havárii v Černobylu



Zdroj: SÚRO